DOI: 10.22092/spj.2023.361411.1299

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۸، شماره ۳، سال ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد (*Sesamum indicum*, L.) در کرج و مشهد

Effect of Planting Arrangement and Plant Density on Seed Yield of Shattering Tolerant Sesame (*Sesamum indicum*, L.) Genotype in Karaj and Mashhad in Iran

مجید غلامحسینی[۱*]، حمید رضا بابایی[۲]، سعدالله منصوری[۳] و فرناز شریعتی[۴]

۱، ۳ و ۴- استادیار، موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/ ۰۶   **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/ ۰۷/۱۲

چکیده

غلامحسینی، م.، بابایی، ح. ر.، منصوری، س. و شریعتی، ف. ۱۴۰۱. اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد (*Sesamum indicum*, L.) در کرج و مشهد. **مجله نهال و بذر ۳۸:** ۳۰۳-۲۸۳.

در ارتباط با مدیریت زراعی از جمله آرایش کاشت و تراکم بوته بهینه ژنوتیپ وارداتی متحمل به ریزش کنجد اطلاعاتی در اختیار نیست. بدین منظور آزمایشی در دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در مزارع پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (مشهد) اجرا شد. در این پژوهش اثر فاصله ردیف‌های ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌روی ردیف ۵، ۸، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متر در قالب الگوهای کشت مستطیلی تا مربعی- مستطیلی بر عملکرد ژنوتیپ کنجد متحمل به ریزش مورد بررسی قرار گرفت. در هر مکان، آزمایش به صورت بلوک‌های خرد شده (نواری) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که در هر دو مکان با کاهش فاصله بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها که نتیجه آن افزایش تراکم بوته در واحد سطح است، تعداد شاخه‌های فرعی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. از طرف دیگر با کاهش تراکم بوته در واحد سطح تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه در منطقه کرج (۱۳۴۲ کیلوگرم در هکتار) از آرایش کاشت ۸×۴۵ سانتی متر و در مشهد (۶۰۴ کیلوگرم در هکتار) از آرایش کاشت ۱۱×۴۵ سانتی متر حاصل شد. نتایج این پژوهش نشان داد که برای هر منطقه آرایش کاشت و تراکم بهینه‌ای وجود دارد که در کشت‌های متراکم‌تر از آن به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و در کشت‌های تنک‌تر به دلیل عدم بهره‌برداری مناسب از منابع، امکان دستیابی به بیشینه عملکرد دانه ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد مقدور نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کنجد، فاصله بین ردیف، فاصله روی ردیف، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، درصد روغن دانه.

* نگارنده مسئول: m.gholamhoseini@areeo.ac.ir   تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۳۷۷۱

مقدمه

با توجه به اهمیت روغن خوراکی به عنوان یک کالای اساسی در سبد خانوار و همچنین واردات سالانه بیش از یک و نیم میلیون تن روغن مورد نیاز کشور (Anonymous, 2022)، تحقیقات گسترده در زمینه انواع دانه‌های روغنی ضروری می‌باشد. در بین دانه‌های روغنی، کنجد یکی از گیاهان بسیار قدیمی و جزء اولین گیاهان زراعی اهلی شده توسط بشر است (Bedigian, 2010).

سطح کشت کنجد در جهان در سال ۲۰۲۲ میلادی حدود ۱۴ میلیون هکتار و میزان تولیدآن نزدیک به هفت میلیون تن گزارش شده است (FAO, 2020). در سال ۱۴۰۰، سطح کشت کنجد در ایران ۴۲ هزار هکتار با تولیدی نزدیک به ۴۴ هزار تن برآورد شده است. استان البرز با یک هکتار و خراسان رضوی با ۶۲۷ هکتار از جمله استان‌های تولید کننده این محصول می‌باشند (Anonymous, 2022). پیش بینی می شود با توجه به کاهش قابل ملاحظه بارش ها و استمرار خشکسالی ها سطح زیر کشت کنجد در این دو استان در سال های آینده توسعه خواهد یافت.

علی‌رغم خواص تغذیه‌ای مطلوب کنجد (Bedigian, 2004) و همچنین سازگاری مناسب این گیاه به شرایط اقلیمی کشور از جمله کم آبی، زراعت این گیاه نسبت به دانه‌های روغنی دیگر با روش های سنتی انجام می شود، و برای ارتقای عملکرد کمی و کیفیت آن در کنار بهبود ژنتیکی به پژوهش‌های به‌زراعی در زمینه بهبود روش‌های کاشت و مدیریت مزرعه نیاز است (Habibzadeh and Gholamhoseini, 2022). از جمله این مدیریت‌های زراعی آرایش کاشت و تراکم بوته بهینه می‌باشد. در واقع آرایش کاشت و تراکم بوته باید به نحوی تنظیم شوند تا رقابت های بین بوته‌ای به حداقل رسیده و گیاهان بتوانند با تولید و توسعه سایه انداز مناسب از عوامل رشد موجود به خوبی استفاده کنند (Bhardwaj *et al.*, 2014; Postma *et al.*, 2021). در این شرایط است که حصول حداکثر عملکرد گیاه و افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها میسر می‌گردد.

در مورد اثر تراکم‌های مختلف گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کنجد گزارش‌های متعددی وجود دارد (Gholamhoseini *et al.*, 2021; El Naim *et al.*, 2010). ایدوکو و اوگو (Idoko and Ugoo, 2018) اظهار داشتند که با افزایش تراکم گیاهی تا ۵۰ بوته در مترمربع عملکرد دانه کنجد افزایش یافت. با این حال تاکید شده است شرط افزایش عملکرد دانه در تراکم‌های بالا فراهمی آب و عناصر غذایی است. در مقابل کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2017) تراکم گیاهی ۳۰ بوته در مترمربع را تراکم بهینه برای کنجد در منطقه مشهد اعلام کردند.

در برخی از مطالعات به طور مستقیم اشاره

شده است که کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت با افزایش عملکرد دانه کنجد همراه بود (Monpara and Vaghasia, 2016). همچنین نتایج برخی پژوهش‌ها حاکی از اثر تراکم بوته در واحد سطح بر تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول می‌باشد (Nadeem *et al.*, 2015). علاوه بر این همبستگی مثبتی بین تراکم بوته و تعداد کپسول در واحد سطح گزارش شده است (Ngala *et al.*, 2013). با این حال در مورد اثر تراکم بوته بر ارتفاع گیاه نتایج متناقضی وجود دارد. در همین زمینه پوستما و همکاران (Postma *et al.*, 2021) گزارش کردند که تراکم بوته اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه ندارد. در مقابل، سیواگامی و راموهان (Sivagamy and Rammohan. 2013) اظهار داشتند که با افزایش تراکم بوته، ارتفاع گیاه نیز افزایش یافت.

باید توجه داشت که اگر چه کنجد دارای پتانسیل مناسبی برای تولید می‌باشد، اما میزان عملکرد دانه آن معمولا پائین است، به طوریکه در اکثر نقاط جهان از جمله ایران عملکرد دانه کمتر از یک تن در هکتار گزارش شده است زیرا این گیاه عمدتا در خاک‌های با حاصلخیزی کم و با حداقل نهاده‌های کشاورزی کاشته می‌شود، و مهم‌تر اینکه گاهی تا ۹۰ درصد از محصول در اثر باز شدن کپسول ها و ریزش دانه تلف می‌شود (Sadeghi Garmaroodi *et al.*, 2023). بنابراین ارقام اصلاح شده متحمل به ریزش کنجد گزینه مناسبی برای توسعه کشت کنجد در کشورهای مستعد کشت این گیاه از جمله ایران باشد.

تاکنون چند رقم متحمل به ریزش و پرمحصول کنجد توسط پژوهشگرانی مانند لانگهام (Langham, 2012) معرفی شده است. از آن جمله بذر یک ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد از طریق دفتر طرح دانه‌های روغنی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۵ در اختیار موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی قرار گرفت که امیدواری زیادی را برای توسعه کشت کنجد در کشور به همراه داشته است. با این حال در ارتباط با مدیریت زراعی این ژنوتیپ از جمله تراکم مناسب و آرایش کاشت بهینه آن اطلاعاتی در اختیار نیست.

بنابراین با توجه به کمبود اطلاعات جامع جهت پاسخ به سوالات مطرح در خصوص آرایش کاشت و تراکم بوته بهینه ژنوتیپ وارداتی متحمل به ریزش کنجد، این پژوهش برنامه‌ریزی و در کرج و مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ و در دو مکان شامل کرج (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) و مشهد (مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی) اجرا شد. ویژگی‌های اقلیمی مناطق اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی، ویژگی‌های اقلیمی و خاکی برای کرج و مشهد

Table 1. Geographical coordinates, climatic and soil properties for Karaj and Mashhad

Location	مکان	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation above sea level (m)	میانگین دمای سالیانه (سانتی‌گراد) Mean annual temperature (°C)	میانگین دما در فصل تابستان (سانتی‌گراد) Mean temperature in summer season (°C)
Karaj	کرج	52° 00′	′35° 48	1323	14	24
Mashhad	مشهد	59° 36′	′36° 17	1150	15.3	25

Table 1. Continued.

ادامه جدول ۱-

Location	مکان	میانگین بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Average annual precipitation (mm)	میانگین بارندگی در فصل تابستان (میلی‌متر) Average precipitation in summer season (mm)	ویژگی و نوع اقلیم Characteristics and type of climate	بافت خاک Soil texture	ماده آلی خاک (درصد) Soil organic matter (%)
Karaj	کرج	250	6	تابستان های خشک و گرم Dry and hot summers (Bsk)	رسی-لومی Clay loam	0.58
Mashhad	مشهد	256	4	تابستان های خشک و گرم Dry and hot summers (Bsk)	سیلتی-لومی Silty loam	0.50

ویژگی‌های و نوع اقلیم بر اساس روش تقسیم بندی اقلیمی کوپن-گایگر (Raziei, 2020) تعیین شده است. ویژگی‌های خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری ثبت شده است.

The characteristics and type of the climate were determined based on the Köppen-Geiger climate classification method (Raziei, 2020). The soil properties are for 0 to 30 cm depth.

در این پژوهش اثر فاصله ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری و فاصله بوته روی ردیف‌های ۵، ۸، ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متری در قالب آرایش کاشت‌های مستطیلی تا مربعی- مستطیلی بر صفات مورفولوژیک، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد روغن ژنوتیپ کنجد متحمل به ریزش مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های ژنوتیپ کنجد در جدول ۲ ارایه شده است در هر مکان، آزمایش به صورت بلوک‌های خرد شده (نواری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین شامل: شخم، دیسک و تسطیح زمین، بذر ضد عفونی شده با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام (با غلظت دو در هزار) در ۲۰ و ۲۳ خرداد در کرج و ۲۱ و ۲۵ خرداد در مشهد به‌ترتیب در سال اول و دوم در کرت‌های آزمایشی کشت شدند. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول چهار متر بود. کاشت بذر در واحدهای آزمایشی ابتدا به صورت متراکم کشت شد و سپس در مراحل اولیه رشد و نمو (دو تا سه برگی) تنک شدند، به‌طوری که فاصله بین بوته‌های مورد نظر در هر یک از تیمارهای آزمایشی حاصل شود.

جدول ۲- ویژگی‌های ژنوتیپ متحمل به ریزش*

Table 2. Characteristics of the shattering tolerant sesame genotype

ژنوتیپ Genotype	منشاء Origin	شرکت Company	طول دوره رشد (روز) Growing duration (day)	شاخه دهی Branching	رنگ بذر Seed color
S29	آمریکا United State	سزاکو Sesaco	130±10	چند شاخه Multi-branching	کرم روشن Light cream

Table 2. Continued ادامه جدول ۲-

میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Mean seed yield (kg ha^{-1})	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	درصد روغن دانه Seed oil content	تحمل به ریزش Shattering tolerant	شاخص حفظ بذر** Seed retention index (TIKETO)
1100±50	137±5	2.39±0.1	50±2	+	776

* صادقی گرمارودی و همکاران (Sadeghi Garmaroodi *et al*., 2023)

**این شاخص بیانگر قدرت نگهداری بذر درون کپسول ها است و هر رقم آن از صفر تا هشت متغیر می‌باشد و هر چه عدد بزرگتر باشد نشان‌دهنده مقاومت بیشتر کپسول به ریزش دانه است.

** This index indicates the ability of the seed retention inside capsules, and each digit varies from zero to eight, and the higher the number, the greater the level of tolerance to seed shattering.

در هر دو مکان آبیاری واحدهای آزمایشی به روش قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ (Tape) و پس از استقرار بوته‌ها هر هشت تا ۱۰ روز یکبار انجام شد. سایر مراحل داشت گیاهان مطابق عرف هر منطقه انجام شد. کنترل علف‌های هرز با استفاده از علفکش پیش کاشت ترفلان (تری فلورالین) به میزان دو لیتر در هکتار و عملیات وجین دستی در صورت ضرورت در طول فصل رشد انجام شد.

در هر دو مکان ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره به صورت تقسیط شده در دو مرحله، نیمی در مرحله سه تا چهار برگی و مابقی به صورت جایگذاری کنار ردیف‌های کاشت در مرحله هفت تا هشت برگی به کار برده شد. همچنین به‌ترتیب در کرج و مشهد ۴۵ و ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار از منبع کود سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار از منبع کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده گردید.

برداشت در تاریخ ۱۸ و ۲۴ آبان در کرج و ۱۳ و ۲۵ آبان در مشهد به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش انجام شد. مساحت برداشت شدهٔ هر کرت از دو ردیف میانی با لحاظ کردن اثر حاشیه، بالغ بر دو مترمربع بود. عملکرد دانه بر اساس رطوبت شش درصدی دانه محاسبه شد. جهت تعیین اجزای عملکرد از کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، پنج بوته به صورت تصادفی انتخاب شد و سپس ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و تعداد کپسول در بوته اندازه‌گیری شد. برای ثبت تعداد دانه در کپسول از هر واحد آزمایشی ۲۰ کپسول به‌طور تصادفی انتخاب و پس از بوجاری و شمارش تعداد بذور موجود

در آنها، متوسط تعداد دانه در کپسول بـرای هـر واحد آزمایشی مشخص شد.

برای تعیین وزن هزار دانه دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذور هر یک از کرت‌ها شـمارش و تـوزین و بر اساس آن وزن هزار دانه محاسبه شـد. درصـد روغن دانه (به دلیل محدودیت‌های اندازه‌گیری، این صفت صرفا بـرای نمونـه‌هـای منطقـه کـرج ارزیابی شد)، پس ازخشـک کـردن دانـه‌هـا، بـا اسـتفاده از دسـتگاه رزونـانس مغنـاطیس هسـته (Nuclear Magnetic Resonance, minispec mq 20 NMR Analyzer, Bruker, Rheinstetten, Germany) متعلق به آزمایشگاه کیفیت روغن بخش دانه‌های روغنـی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهـال و بـذر ادر کرج ندازه‌گیری شد.

قبـل از انجـام تجزیـه واریـانس مرکـب، مفروضات تجزیه واریانس از جمله نرمـال بـودن داده‌ها و توزیع خطاهای آزمایشی بـا اسـتفاده از رویـه Univariate (آزمـون شـاپیرو- ویلـک) توسـط نرم‌افـزار SAS ver. 9.4 ارزیـابی شـد. همچنـین از آنجائیکـه فـرض همگنـی واریـانس اشتباهات آزمایشی در هـر دو سـال و بـرای هـر مکان در صفات مختلف منطبق بر نتـایج آزمـون بارتلت صادق بـود، در ایـن آزمـایش از تجزیـه واریانس مرکب داده‌ها با فرض اثر تصادفی سال برای هر مکـان و بـا اسـتفاده از رویـه GLM در محیط نرم‌افزار SAS اسـتفاده شـد. شـایان ذکـر است به دلیل عـدم همگنـی واریـانس اشـتباهات آزمایشی مناطق مختلف، داده‌های هر منطقـه بـه طور جداگانه تجزیه واریانس مرکب شد. بـرای مقایسه میـانگین اثـر اصـلی عوامـل آزمایشـی از آزمون توکی (گزاره means) در سطح احتمال پـنج درصـد و در صـورت معنـی‌دار بـودن اثـر متقابل، برش‌دهی و مقایسه میانگین‌ها با اسـتفاده از آزمـون LSMeans (گـزاره‌هـای Slice و Pdiff) انجام شد.

نتایج و بحث

در مشهد ارتفاع گیاه تحت تاثیر هیچ‌یـک از تیمارهـای آزمایشـی و اثـر متقابـل آنهـا قـرار نگرفت (جدول ۳ و ۴). در کـرج عـلاوه بـر اثـر اصلی فاصله بین ردیف‌ها، اثر متقابل فاصله بـین ردیـف × فاصـله بـین بوتـه‌هـا بـر ارتفـاع گیـاه معنـی‌دار بـود (جـدول ۳). مقایسـه میـانگین اثـر متقابل تیمارهای آزمایشی در کرج نشان داد که در فاصله بین ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متری افزایش فاصله گیاهان روی ردیف‌ها با افزایش معنـی‌دار ارتفاع بگیاه همراه بود (جدول ۵). این در حـالی اسـت کـه در فاصـله بـین ردیـف‌هـای ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متری این روند مشـاهده نشـد. بررسـی اثـر سـطوح تـراکم بوتـه بـر ارتفـاع گیـاه نیـز موید تغییـرات کـم و نامحسـوس ارتفـاع گیـاه در تراکم‌های بوته مختلف بود (شکل ۱).

نتایج در هر دو منطقه نشان داد که با کـاهش فاصله بین ردیف‌ها و بین گیاهان روی ردیف‌ها که نتیجه آن افزایش تراکم بوته در واحد سـطح بـود، تعـداد شـاخه هـای فرعـی کـاهش یافـت (جـدول ۴، شـکل ۱). ایـن نتـایج بـا یافتـه‌های

جدول ۳- میانگین مربعات برای برخی خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد رقم کنجد متحمل به ریزش تحت تاثیر تیمارهای آرایش کاشت و تراکم بوته در کرج و مشهد در دو فصل ۱۳۹۹و ۱۴۰۰

Table 3. Mean squares for some agronomic characteristics, seed yield and yield components of shattering tolerant sesame genotype as affected by planting arrangement and plant density treatments in Karaj and Mashhad in 2020 and 2021 seasons

			Karaj کرج								Mashhad مشهد					
S.O.V.	منبع تغییرات	d.f.	PH	SB	CP	SC	TSW	SY	OC	OY	PH	SB	CP	SC	TSW	SY
Year (Y)	سال	1	1042	15.10	1577.0	672.0	1.83	968600	2.31	191580	9270.0*	18.00	3755.0	80.20	0.20	276
R (Y)	تکرار (سال)	4	487	0.40	138.0	19.8	0.01	49823	42.70	44348	846.0	0.15	252.0	4.43	0.01	6742
A	فاصله بین ردیف	2	642*	7.38	570.0	208.0	0.24	312728	1.88	66666	91.0	1.66*	914.0	448.00**	0.24	37085*
Y × A	سال × فاصله بین ردیف	2	12	0.66	40.0	29.5	0.03	69274	0.48	15231	26.9	0.08	332.0	3.38	0.17	1895
R × A (Y)	خطای اول	8	183	0.56	71.7	20.4	0.01	29972	4.17	7778	226.0	0.30	62.1	22.8.0	0.02	8599
B	فاصله روی ردیف	3	190	32.30**	3618.0**	490.0**	1.74**	112967	1.38	26573	347.0	5.24**	398.0	261.00*	0.15	25013**
Y × B	سال × فاصله روی ردیف	3	122	0.38	16.0	7.9	0.02	43939	0.87	10686	241.0	0.06	170.0	25.10	0.02	754
R × B (Y)	خطای دوم	12	132	0.77	209.0	3.9	0.01	19650	2.05	3328	117.0	0.29	71.4	50.50	0.01	5567
A × B	فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف	6	218*	2.53*	273.0**	76.3	0.28	150439*	1.46	32905*	140.0	0.42	392.0	93.70*	0.08	9282
Y × A × B	سال ×فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف	6	42	0.48	23.4	20.2	0.10**	22078	0.46	4033	66.4	0.57	137.0	11.50	0.05**	2854
Error	خطای سوم	24	384	0.43	60.6	18.9	0.02	26884	4.78	9086	87.3	0.23	58.5	26.30	0.01	5128
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		14.59	15.35	7.12	7.80	6.25	15.52	4.73	19.50	8.62	18.60	12.45	10.38	4.07	13.58

.* and **: Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

R: Replication (تکرار); A: Inter row spacing; B: Intra row spacing; d.f.: degree of freedom (درجه آزادی); PH: Plant height (ارتفاع گیاه); SB: Number of secondary branch (تعداد شاخه فرعی); CP: Number of capsule per plant (تعداد کپسول در گیاه); SC: Number of seed per capsule (تعداد دانه در کپسول); TSW: 1000-seed weight (وزن هزار دانه); SY: Seed yield (عملکرد دانه); OC: Seed oil content (درصد روغن دانه); OY: Oil Yield (عملکرد روغن).

جدول ۴- مقایسه میانگین برای برخی خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد رقم کنجد متحمل به ریزش تحت تاثیر تیمارهـای آرایـش کاشـت و تـراکم بوته در کرج و مشهد در دو فصل ۱۳۹۹و ۱۴۰۰

Table 4. Mean comparison for some agronomic characteristics, seed yield and yield components of shattering tolerant sesame genotype as affected by planting arrangement and plant density treatments in Karaj and Mashhad in 2020 and 2021 seasons

			Karaj کرج								Mashhad مشهد					
			PH (cm)	SB	CP	SC	TSW (g)	SY (kg ha^{-1})	OC (%)	OY (kg ha^{-1})	PH (cm)	SB	CP	SC	TSW (g)	**SY (kg ha^{-1})**
A	فاصله بین ردیف (سانتی‌متر)	30	128b	4a	104a	55a	2.32a	986	46.9	463	107a	2.0b	55	48b	2.33	**518b**
		45	137a	5a	114a	59a	2.52a	1188	46.1	549	110a	2.0b	67	54a	2.52	**557a**
		60	137a	5a	109a	54a	2.41a	994	45.6	453	108a	3.0a	62	46b	2.48	**506b**
B	فاصله روی ردیف (سانتی‌متر)	5	130a	3d	92c	49c	2.00c	973	46.2	540	112a	2.0c	56	44b	2.34	**487b**
		8	138a	4c	104b	55b	2.38b	1141	46.5	531	111a	2.0b	60	49ab	2.43	**547ab**
		11	135a	5b	120a	59ab	2.58a	1103	46.0	510	103a	3.0ab	62	52a	2.57	**568a**
		14	134a	6a	122a	60a	2.72a	1006	45.9	463	108a	3.0a	67	52a	2.45	**506ab**
Y	سال	1	138a	5a	114a	59a	2.53a	1172	46.0	540	120a	2.0a	54	50a	2.50	**529a**
		2	131a	4a	105a	53a	2.26a	940	46.3	437	97b	3.0a	69	48a	2.39	**525a**

میانگین هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey test.

A: Inter row spacing (cm); B: Intra row spacing (cm) ; Y: Year (سال); PH: Plant height ((ارتفاع گیاه (سانتی متر)); SB: Number of secondary branch (تعداد شاخه فرعی); CP: Number of capsule per plant (تعداد کپسول در گیاه); SC: Number of seed per capsule (تعداد بذر در کپسول); TSW: 1000-seed weight ((وزن هزار دانه (گرم)); SY: Seed yield ((عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)); OC: Seed oil content (درصد روغن دانه); OY: Oil Yield ((عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)).

فروغی و همکاران (Foroghi *et al.*, 2014) در گرگان مطابقت دارد. در تراکم‌های بوته بالا به دلیل رقابت بین بوته‌های مجاور، گیاه ترجیح می‌دهد که تعداد شاخه فرعی کمتری تولید کند، در حالی که کشت در فواصل بین ردیف و بین گیاهان بیشتر موجب می‌شود که نور به عمق پوشش گیاهی نفوذ کند، جوانه‌های جانبی را تحریک کرده و تعداد شاخه‌های فرعی را افزایش دهد.

همانطور که پیشتر اشاره شد در مورد اثر تراکم گیاهی بر ارتفاع گیاه کنجد گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. در برخی از پژوهش‌ها اشاره شده است که تراکم بوته در واحد سطح اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه ندارد (Caliskan *et al.*, 2004; Ehsannullah *et al.*, 2007)، در مقابل نتایج مطالعات دیگری نشان می‌دهد که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (Bahador *et al.*, 2019).

جدول ۵- مقایسه میانگین برای اثر متقابل تیمارهای فاصله بین ردیف × فاصله بوته‌ها روی ردیف بر برخی خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد رقم کنجد متحمل به ریزش

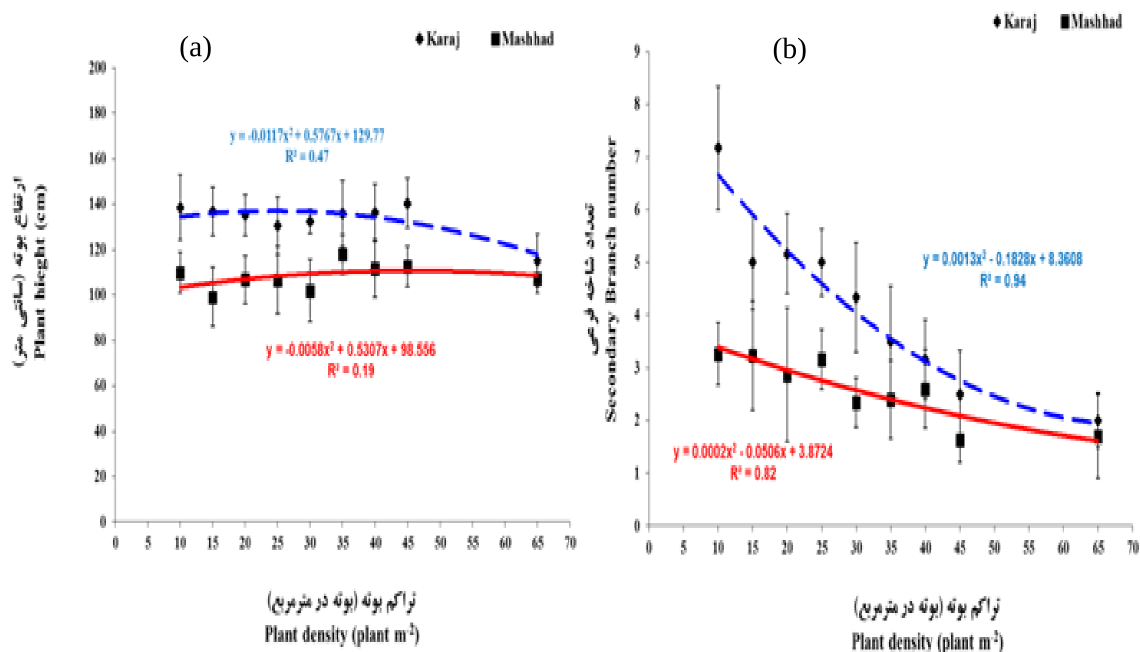
Table 5. Mean comparison for Inter row spacing × intra row spacing on some agronomic characteristics, seed yield and yield components of shattering tolerant sesame genotype

		Karaj کرج				Mashhad مشهد	
A فاصله بین ردیف (سانتی‌متر)	B فاصله روی ردیف (سانتی‌متر)	PH (cm)	SB	CP	OY (kg ha^{-1})	SC	SY (kg ha^{-1})
30	5	114b	2.0d	81c	335b	39b	418a
	8	136a	3.0c	100b	455a	50a	554a
	11	132a	4.0b	116a	538a	52a	561a
	14	130a	5.0a	120a	525a	52a	539a
45	5	140a	2.0b	100c	556b	49c	529a
	8	141a	5.0a	112b	625a	56a	578a
	11	135b	5.0a	115b	555b	58a	604a
	14	133b	5.0a	129a	460c	53b	516a
60	5	136a	3.0c	94d	458b	44b	512a
	8	138a	3.0c	99c	514a	40c	509a
	11	137a	5.0b	127a	436b	46b	539a
	14	138a	7.0a	117b	404c	52a	463a

میانگین هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey test.

A: Inter row spacing (cm) (فاصله بین ردیف‌ها); B: Intra row spacing (cm) (فاصله گیاهان روی ردیف‌ها); PH: height (ارتفاع گیاه); SB: Number of Secondary branch (تعداد شاخه فرعی); CP: Number of capsule per plant (تعداد کپسول در گیاه); SC: Number of seed per capsule (تعداد بذر در کپسول); SY: Seed yield (عملکرد دانه); OY: Oil yield (عملکرد روغن);

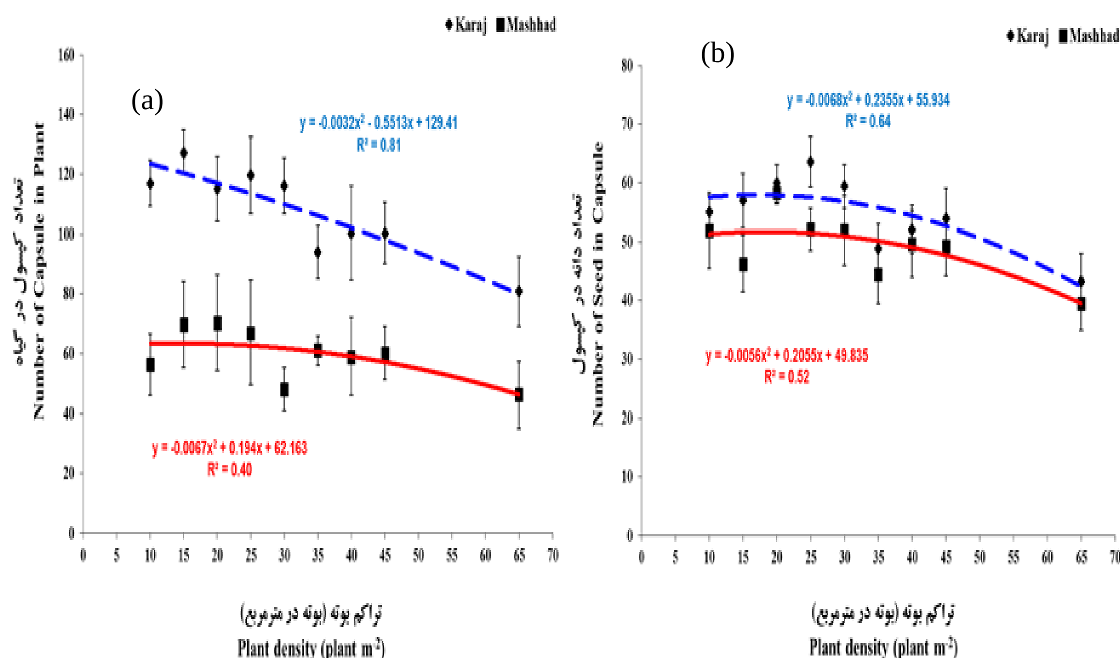


شکل ۱- اثر تراکم بوته بر ارتفاع گیاه (a) و تعداد شاخه فرعی (b) در ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد. میله‌های خطا انحراف معیار می‌باشند

Fig. 1. Effect of plant density on plant height (a) and the number of secondary branch (b) in shattering tolerant sesame genotype. The error bars are standard deviation

تعداد کپسول در بوته در منطقه مشهد تحت تاثیر هیچ‌یک از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۳)، در مقابل در منطقه کرج اثر اصلی فاصله بین بوته‌ها روی ردیف و اثر متقابل فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف بر آن معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج در کرج نشان داد که در هر سه فاصله بین ردیف‌های کاشت، افزایش فاصله بین بوته‌ها موجب افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته شد (جدول ۵). از طرف دیگر کاهش تراکم بوته در واحد سطح نیز در هر دو منطقه تعداد کپسول در بوته را افزایش داد (شکل ۲) .

در هر دو مکان اثر فاصله روی ردیف بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود (جدول ۳). در مشهد علاوه بر اثر اصلی فاصله روی ردیف، اثر متقابل تیمارهای آزمایشی نیز در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در کپسول در مشهد از آرایش کاشت ۱۱ × ۴۵ سانتی‌متر (۵۸ دانه) و کمترین آن از آرایش کاشت ۵ × ۳۰ سانتی‌متر (۳۹ دانه) بدست آمد (جدول ۵). در کرج نیز افزایش فاصله روی ردیف با افزایش تعداد دانه در کپسول همراه بود (جدول ۴). همچنین افزایش تراکم بوته در هر



شکل ۲- اثر تراکم بوته برتعداد کپسول در بوته (a) و تعداد دانه در کپسول(b) در ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد. میله‌های خطا انحراف معیار می‌باشند.

Fig. 2. Effect of plant density on number of capsule in plant (a) and the number of seed in capsule (b) in shattering tolerant sesame genotype sesame. The error bars are standard deviation

دو منطقه موجب کاهش تعداد دانه در کپسول شد، بویژه این روند کاهشی در تراکم‌های بوته بالاتر از ۴۵ بوته در مترمربع مشهودتر بود (شکل ۲). در تراکم‌های بوته بالاتر (در این پژوهش بیشتر از ۴۰ بوته در مترمربع) به دلیل رقابت بین دانه‌های در حال نمو جهت دریافت شیره پرورده، تعدادی از دانه‌ها در ابتدای مرحله رشد دانه سقط شده و ازبین می‌روند و در نتیجه تعداد دانه در کپسول کاهش می‌یابد.

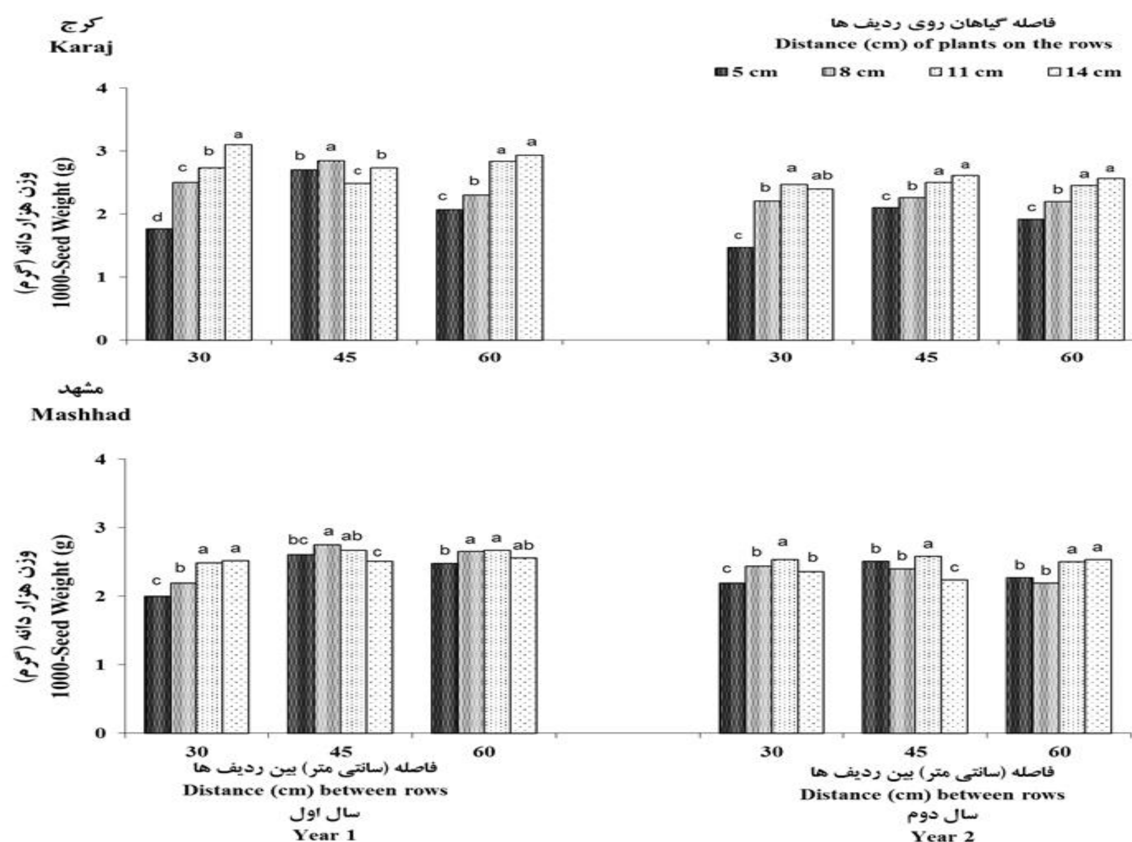
ولیکی و همکاران (Valiki *et al.*, 2015) در بررسی اثر سه آرایش کاشت ۱۰ ×۶۰ سانتی‌متر، ۱۵ ×۶۰ سانتی‌متر و ۱۰ × ۷۵ سانتی‌متر به ترتیب با تراکم‌های بوته متناظر ۱۷، ۱۱ و ۱۳ بوته در مترمربع گزارش کردند با کاهش تراکم بوته در واحد سطح، تعداد دانه در کپسول افزایش یافت و بیشترین تعداد دانه در کپسول (۶۴ دانه) مربوط به آرایش کاشت ۱۵ ×۶۰ سانتی‌متر بود. از آنجا که با افزایش تراکم بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول کاهش پیدا می‌کند،

بنابراین افت عملکرد تک بوته با افزایش تراکم قابل پیش‌بینی است، اما این کاهش اجزای عملکرد در تک بوته با افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شده و از این رو در تراکم‌های بالاتر، تعداد دانه بیشتری در واحد سطح تولید می‌شود.

در هر دو مکان اثر متقابل سال × فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). برش‌دهی این اثر متقابل در کرج نشان داد که در سال اول سنگین‌ترین دانه‌ها از آرایش کاشت ۱۴ ×۳۰ سانتی‌متر و در سال دوم از آرایش کاشت ۱۴ × ۴۵ سانتی‌متر بدست آمد (شکل ۳). همچنین در هر دو سال آزمایش، حداقل وزن هزار دانه (به ترتیب ۱/۷۶ و ۱/۴۶ گرم در سال اول و دوم) از آرایش کاشت ۵ ×۳۰ سانتی‌متر حاصل شد (شکل ۳). در مشهد، به‌ویژه در سال اول آزمایش، در هر سه سطح فاصله بین ردیف‌ها، افزایش فاصله روی ردیف از ۵ به ۱۱ سانتی‌متر با افزایش وزن هزار دانه همراه بود. اما افزایش بیشتر فاصله بین بوته‌ها موجب کاهش وزن هزار دانه شد (شکل ۳). از سوی دیگر، در کرج افزایش تراکم بوته بویژه بیش از ۳۰ بوته در مترمربع وزن هزار دانه را کاهش داد. این درحالی است که در منطقه مشهد روند کاهشی وزن هزار دانه با افزایش تراکم بوته با شیب کمتری ادامه داشت، و تقریبا تغییرات وزن هزار دانه از تراکم بوته ۱۰ تا ۳۵ بوته در مترمربع نامحسوس و بسیار جزئی بود (شکل ۴). با این حال در هر دو منطقه حداقل وزن هزار دانه در بالاترین سطح تراکم بوته ثبت شد (شکل ۴).

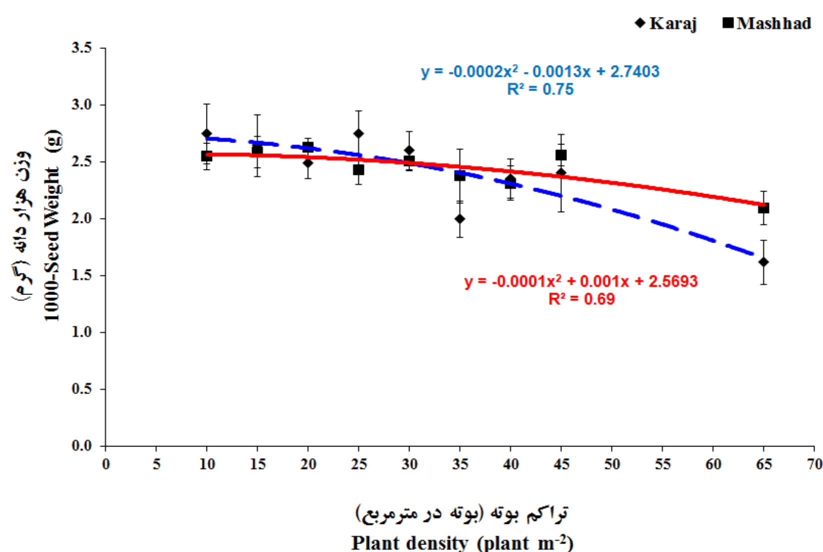
علت کاهش وزن دانه‌ها در شرایطی که بوته‌ها نزدیک به هم باشند می‌تواند در اثر کاهش شدید فتوسنتز خالص باشد (Idoko and Ugoo, 2018)، زیرا در تراکم‌های بوته بالا، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی روی برگ‌های قسمت میانی و پایینی گیاه بیشتر می‌شود. با افزایش سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر، میزان فتوسنتز کاهش می یابد و در نتیجه آن مواد حاصل از فتوسنتز در مقایسه با کربوهیدرات‌های مصرف شده در تنفس کمتر بوده و در نتیجه برگ‌هایی کهدر سایه قرار می گیرند به جای آنکه تولید کننده باشند خود به‌صورت یک مخزن فیزیولوژیک عمل کرده و رقیب دانه‌ها برای مصرف کربوهیدرات‌های ساخته شده توسط برگ‌های بالایی می‌شوند. در این شرایط مقدار شیره پرورده‌ای که به دانه منتقل می‌شود کاهش می‌یابد و در نهایت از وزن هزار دانه کاسته می‌شود.

اثر اصلی عوامل آزمایشی در مشهد و اثر متقابل آنها در کرج بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). در مشهد بیشترین عملکرد دانه از فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متری بدست آمد که در مقایسه با دو سطح فاصله بین ردیف ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴). در بین تیمارهای فاصله روی ردیف نیز



شکل ۳- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل سال × فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف بر وزن هزار دانه کنجد ژنوتیپ متحمل به ریزش در کرج و مشهد. میانگین‌های، برای هر سطح هر تیمار، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 3. Slicing and mean comparison for effect of year × inter row spacing × intra row spacing interaction on 1000-seed weight of shattering tolerant sesame genotype in Karaj and Mashhad. Means, in each treatment level, followed by at least one letter in common, are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey test.



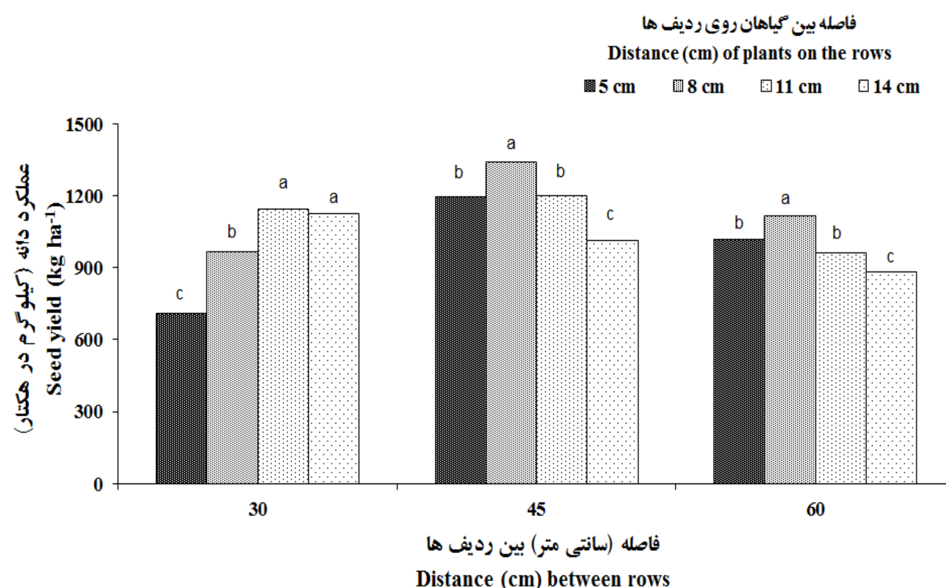
شکل ۴- اثر تراکم بوته بر وزن هزار دانه ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد. میله‌های خطا انحراف معیار می‌باشند

Fig. 4. Effect of plant density on 1000-seed weight of shattering tolerant shattering tolerant sesame genotype. The error bars are standard deviation

فاصله ۱۱ سانتی‌متری بیشترین عملکرد را حاصل کرد که البته با تیمار فاصله هشت و ۱۴ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). همانطور که اشاره شد اثر متقابل فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف بر عملکرد دانه در کرج معنی‌دار بود. مقایسه میانگین ها نشان داد که در هر سه تیمار فاصله بین ردیف‌ها، افزایش فاصله بوته‌ها از پنج به هشت سانتی‌متر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. اما افزایش بیشتر فاصله بین بوته‌ها (تیمارهای ۱۱ و ۱۴ سانتی‌متر) نه تنها عملکرد دانه را افزایش نداد بلکه به‌طور معنی‌داری موجب کاهش عملکرد دانه شد (شکل ۵).

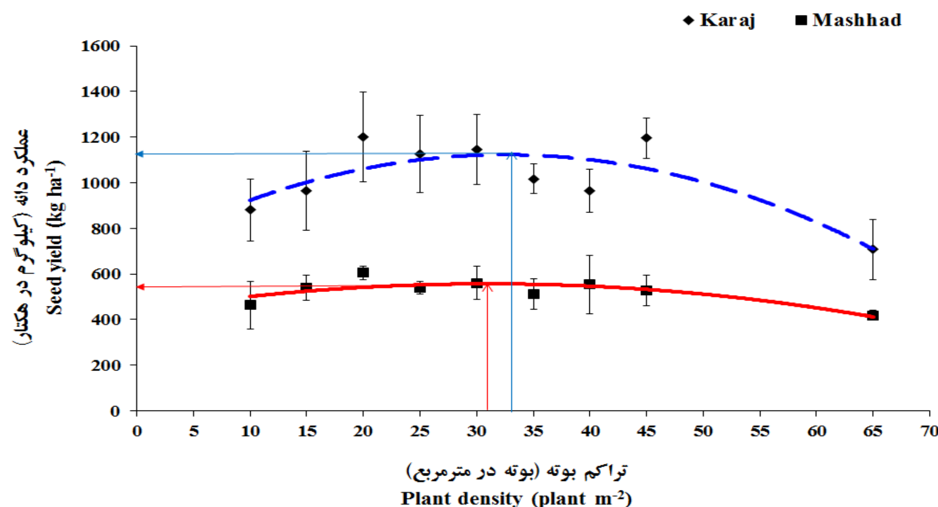
از سوی دیگر در هیچ یک از مکان آزمایشی فاصله بین ردیف متداول، ۶۰ سانتی‌متری، حداکثر عملکرد دانه را تولید نکرد. این نتایج بر این واقعیت دلالت داردکه کاهش فاصله بین ردیف‌ها با حفظ فاصله مناسب بین بوته‌ها روی ردیف می‌تواند در دستیابی به عملکرد دانه بالا در کنجد موثر باشد. کاراسلان و همکاران (Karaaslan *et al.*, 2007) نیز اظهار داشتند که با کاهش فاصله بین ردیف‌ها، عملکرد کنجد افزایش پیدا کرد. ندیم و همکاران (Nadeem et al., 2015) نیز بیان داشتند که بیشترین عملکرد دانه کنجد زمانی بدست آمد که کشت در فواصل نزدیک به هم (آرایش کاشت ۵ × ۳۰ سانتی‌متر) انجام شد.

بررسی تغییرات عملکرد دانه در پاسخ به تراکم بوته های مختلف نیز حاکی از آن بودکه در هر دو مکان آزمایشی، روند تغییرات از تابع درجه دو پیروی کرد (شکل ۶). با مشتق‌گیری از تابع رگرسیونی عملکرد دانه، تراکم بوته مطلوب برای منطقه کرج ۳۳ بوته در مترمربع و برای منطقه مشهد ۳۱ بوته در مترمربع برآورد شد. برآورد عملکرد متناظر برای تراکم بوته های مورد اشاره که در واقع عملکردهای دانه حداکثری بودند در کرج برابر ۱۱۲۳ کیلوگرم در هکتار و در مشهد ۵۵۷ کیلوگرم در هکتار بود. اگرچه در هر دو منطقه افزایش تراکم بوته منجر به کاهش دو جزء مهم عملکرد دانه یعنی تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول شد و در نتیجه عملکرد دانه تک بوته کاهش یافت، اما افزایش تعداد بوته در واحد سطح تا حد تراکم بهینه توانست کاهش در عملکرد دانه تک بوته را جبران کند.



شکل ۵- برش‌دهی و مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله بین ردیف × فاصله بین بوته بر عملکرد دانه ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد در کرج. میانگین‌های، برای هر فاصله بین ردیف، که دارای حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig.5. Slicing and mean comparison of effect of inter row spacing × intra row spacing interaction on seed yield of sesame in Karaj. Means, in each inter row spacing, followed by the same letter, are not significantly different at the 5% probability level using Tukey test



	Regression eq.	R^2	O.D (plant m^{-2})	M.Y (kg ha^{-1})
Karaj کرج	$SY = -0.3925\ D^2 + 25.538\ D + 708$	67	33	1123
Mashhad مشهد	$SY = -0.1252\ D^2 + 7.7653\ D + 436$	68	31	557

SY: Seed Yield (عملکرد دانه); D: Density (تراکم); O.D: Optimal Density (تراکم بهینه) (Vertical arrows); M.Y: Maximum Yield (حداکثر عملکرد) (Horizontal arrows)

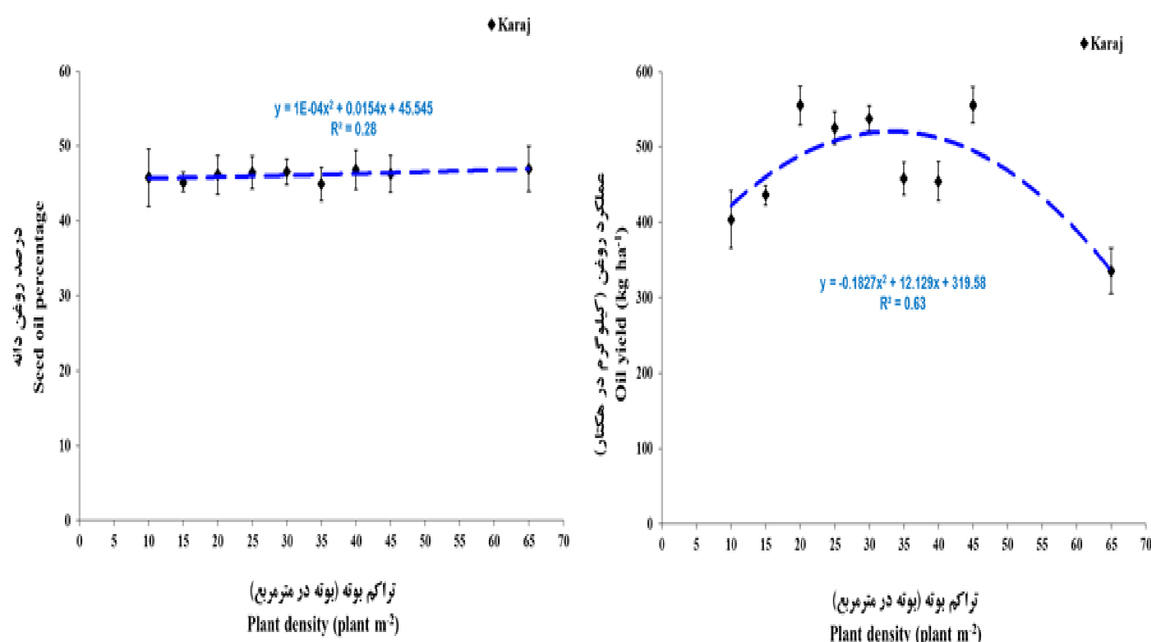
شکل ۶- اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد در کرج و مشهد. میله‌های خطا انحراف معیار می باشند

Fig. 6. Effect of plant density on seed yield of shattering tolerant sesame genotype in Karaj and Mashhad. The error bars are standard deviation

نورکا و همکاران (Noorka *et al.*, 2011) بیان داشتند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، سایه‌انداز گیاه سریع‌تر بسته می شود، جذب نور بیشتری توسط گیاه انجام و در نتیجه گیاه ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید می‌کند و این امر منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. بنابراین در زراعت کنجد نیز ایجاد یک تراکم گیاهی بهینه و یکنواخت برای دستیابی به عملکرد دانه بالا ضروری است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که برای هر منطقه تراکم بهینه‌ای وجود دارد که در کشت‌های متراکم‌تر از آن به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و در کشت‌های با تراکم کمتر از آن به دلیل عدم بهره وری مناسب از منابع، امکان دستیابی به حداکثر عملکرد میسر نیست.

هیچ‌یک از عوامل آزمایشی اثر معنی‌داری بر درصد روغن دانه نداشتند (جدول ۳). اثر متقابل فاصله بین ردیف × فاصله روی ردیف بر عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۳). آرایش کاشت ۸ × ۴۵ سانتی‌متر با ۶۲۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین و آرایش کاشت ۵ ×۳۰ سانتی‌متر با ۳۳۵ کیلوگرم در هکتار کمترین

عملکرد روغن را داشتند (جدول ۵). روند تغییرات درصد روغن دانه و عملکرد روغن در تراکم‌های بوته مختلف در شکل ۷ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، تراکم‌های بوته مختلف اثر مشخصی بر درصد روغن دانه نداشتند (شکل ۷). در حالیکه عملکرد روغن با افزایش تراکم بوته تا ۳۰ بوته در مترمربع افزایش یافت و سپس با بیشتر شدن تراکم بوته از مقدار عملکرد روغن (بجز تراکم ۴۵ بوته در مترمربع) کاسته شد (شکل ۷).



شکل ۷- اثر تراکم بوته بر روند تغییرات درصد روغن دانه (a) و عملکرد روغن (b) ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد. میله‌های خطا انحراف معیار می‌باشند

Fig. 7. Effect of plant density on trend of variation in seed oil percentage (a) and oil yield (b) of shattering tolerant sesame genotype. The error bars are standard deviation

پژوهشگران دیگر نیز گزارش کرده اند که درصد روغن دانه کنجد (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2006; Papari Moghaddam Fard and Bahrani, 2005) و یا دانه‌های روغنی دیگر از جمله کلزا (Fathi, 2009) و گلرنگ (Mundel *et al.*, 1994) تحت تاثیر سطوح مختلف آرایش کاشت و یا تراکم بوته قرار نگرفتند که با نتایج پژوهش حاضر موافقت دارد.

سپاسگزاری

نگارندگان بدین وسیله از مدیریت مؤسسه

تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای پشتیبانی مالی و مدیریت بخش تحقیقات دانه روغنی آن موسسه که امکانات لازم برای اجرای این پروژه پژوهشی را فراهم کردند، سپاسگزاری می کنند.

References

Anonymous, 2022. Agricultural statistics: 2020-21. Cropping cycle. 1st volume. Field crops. Information and Communication Technology Center. Deputy of Planning and Economy. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 100 pp. (in Persian).

Bahador, M., Moosavi, S. G. R., and Ramazani, S. H. R. 2019. Effect of weed free periods and crop density on morphological traits, yield, and yield components of sesame (*Sesamumindicum* L.). Journal of Plant Production 33 (2): 193-211 (in Persian).

Bedigian, D. 2004. History and role of sesame in southwest Asia. Economic Botany 58: 329-353.

Bedigian, D. 2010. Sesame: the genus Sesamum. 1st edition. CRC publication. Florida, United States. 507 pp.

Bhardwaj, H. L., Hamama, A. A., Kraemer, M. E., and Langham, D. R. 2014. Cultivars, planting dates and row spacing effects on sesame seed yield and mineral composition. Journal Agricultural Sciences 6 (9):1-7.

Caliskan, S., Arslan, M., Arigoglu, H., and Isler, N. 2004. Effect of planting method and plant population on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Mediterranean type of environment. Asian Journal of Plant Sciences 3(5):610-13. DOI: 10.3923/ajps.2004.610.613.

Ehsannullah, N., Iqbal, A. A., and Mohsin, M. R. 2007. Effect of different planting patterns on the growth and yield of two varieties of sesame. The Pakistan Journal of Agricultural Sciences 44 (4): 584-86.

El Naim, A. M., El Day, E. M., and Ahmed, A. A. 2010. Effect of plant density on the performance of some sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under rainfed. Researcher Journal of zgricultural and Biologic Sciences 6 (4): 498-504.

Fathi, Gh. 2009. Grain yield response of three rapeseed cultivars to different plant densities. Iranian Journal of Field Crop Science 29 (1): 1-10 (in Persian).

Foroghi, A., Gherkhlo, J., and Ghaderifar, F. 2014. Row spacing and common cocklebur interference effect on grain yield and its components of two sesame cultivars in Gorgan.Electronic Journal of Crop Production 6(2): 101-116 (in Persian).

Gholamhoseeini, M., Shariati, F., and Aghamohammadi, A. 2021. Selection of the

best planting pattern for different sesame (*Sesamum Indicum* L.) cultivars. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 9 (1): 13-26 (in Persian).

Habibzadeh, F., and Gholamhoseini, M. 2022. Selection of the best planting method and plant density for two sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars with different growth types in Karaj region. Journal of Plant Production 29 (1): 191-207 (in Persian).

Hopkins, W. G., and Hunter, N. P. 2004. Introduction to plant physiology. 3rd edition. John Wiely and Sons publication. New York, United States. 541 pp.

Idoko, P. B., and Ugoo, T. 2018. Effect of inter-row and intra-row spacing on the growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Makurdi, Nigeria. *International Journal* of Agronomy and *Agricultural Research* 12: 69–76.

Iranian Vegetable Oil Industry Association . 2022. Annual reports. (In Persian).

Karaaslan, D., Boydak, E., Gerçek, S., and Simsek, M. 2007. Influence of irrigation intervals and row spacing on some yield components of sesame grown in Harran region. Asian Journal of Plant Sciences 6(4): 623–27.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Nourbakhsh, F., and Nehbandani, A. 2017. The Effect of Planting Pattern and Density on Yield and Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 15(1): 31-45 (In Persian).

Langham, D. R. 2012. Non-dehiscent sesame IND variety Sesaco 33. US Patent Application. No. 8,207397 B1.

Monpara, B. A., and D. R. Vaghasia. 2016. Optimizing sowing time and row spacing for summer sesame growing in semi-arid environments of India. International Journal Current Researcher Academic Review 4 (1):122–31.

Mundel, H. H., Morrison R. J., Entz, T., Blackshaw, R. E., Roth, B.T., Kiehn, F., and Vandenberg, A. 1994. Row spacing and seeding rates to optimize safflower yield on the Canadian prairies. Canadian Journal of Plant Science 74: 319-321.

Nadeem, A., Kashani, S., Ahmed, N., Buriro, M., Saeed, Z., Mohammad, F., and Ahmed, S. 2015. Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under the influence of planting geometry and irrigation regimes. American Journal Plant Sciences 6:980–86.

Ngala, A. L., Dugje, I. Y., and Yakubu, H. 2013. Effects of inter-row spacing and plant density on performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Nigerian Sudan savanna. Sciences International (Lahore) 25 (3): 513-19. DOI:

10.13140/2.1.2230.3368.

Noorka, I. R., Hafiz, S. I., and El-Bramawy, A. S. 2011. Response of sesame to population densities and nitrogen fertilization in newly reclaimed sandy soils. Pakistan Journal of Botany 43 (4): 1953-58.

Papari Moghaddam Fard, A., and Bahrani, M. J. 2005. Effect of nitrogen fertilizer rates and plant density on some agronomic characteristics, seed yield, oil and protein percentage in two sesame cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science 36 (1): 129-135 (in Persian).

Postma, J. A., Hecht, V. L., Hikosaka, K., Nord, E. A., Pons, T. L., and Poorter, H. 2021. Dividing the pie: a quantitative review on plant density response. *Plant*, *Cell & Environment* 44: 1072-1094.

Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, Gh., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A. A. 2006. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). Iranian Journal of Field Crops Research 3 (1): 57-68 (in Persian).

Raziei, T. 2020. Climate of Iran according to Köppen-Geiger, Feddema, and UNEP climate classifications. Theoretical and Applied Climatology 148: 1395-1416.

Sadeghi Garmaroodi, H., Gholamhoseini, M., and Habibzadeh, F. 2023. Sesame production challenges and approaches. Emam Khomeini International University Publication. Qazvin, Iran. 268 pp. (in Persian).

Sivagamy, K., and Rammohan, J. 2013. Effect of sowing date and crop spacing on growth, yield attributes and quality of sesame. IOSR Journal of Agricultural and Veterinary Sciences 5 (2): 38-40.

Valiki, S. R. H., Ghanbari, S., Golmohammadzadeh, S., and Kiasari, R. 2015. Effect of different plant density on growth and yield of three cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.). Biological Forum -An International Journal 7 (1):1524-28.

Effect of Planting Arrangement and Plant Density on Seed Yield of Shattering Tolerant Sesame (*Sesamum indicum*, L.) Genotype in Karaj and Mashhad in Iran

M. Gholamhoseini[1*], H. R. Babaei[2], S. Mansouri[3] and F. Shariati[4]

1, 3 and 4. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

2. Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Mashhad, Iran

ABSTRACT

Gholamhoseini, M., Babaei, H. R., Mansouri, S., and Shariati, F. 2022. Effect of Planting Arrangement and Plant Density on Seed Yield of Shattering Tolerant Sesame (*Sesamum indicum*, L.) Genotype in Karaj and Mashhad in Iran**. Seed and Plant Journal 38:** 238-303 (in Persian).

Since there is no information available regarding crop management, including proper planting arrangement and optimal planting density, of the imported shattering tolerant sesame genotypes, field experiments were carried out in research fields of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, and Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, Mashhad, Iran, in 2019 and 2020. The effect of experimental factors including; 30, 45 and 60 cm inter row spacing, and 5, 8, 11 and 14 cm intra row spacing were evaluated as split blocks (strips) arrangements in randomized complete block design with three replications. The results showed that there was reduction in number of sub-branches in both locations due to reduction in inter row spacing and intra row spacing. On the other hand, the reduction in plant density m^{-2} increased the number of capsules $plant^{-1}$ and seed number $capsule^{-1}$. The highest seed yield (1342 and 604 kg ha^{-1} in Karaj and Mashhad, respectively) obtained from the 45 × 8 and 45 × 11 planting arrangement in Karaj and Mashhad, respectively. Generally, the results indicated that there is an optimal planting arrangement and planting density for each location. Therefore, due to increased competition between plants in high plant density and lack of proper utilization of resources in low plant density, it would not be possible to attain the highest yield potential of shattering tolerant sesame genotype in high and low plant density.

Keywords: Sesame, inter row spacing; intra row spacing, seed yield, yield components, seed oil content.

[*]**Corresponding author:** m.gholamhoseini@areeo.ac.ir **Tel.:** +98263703771

Received: 28 July 2022
Accepted: 04 October 2022